

(19)



(11)

EP 2 657 490 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
30.10.2013 Patentblatt 2013/44

(51) Int Cl.:
F02D 41/00 (2006.01) **F02D 13/02** (2006.01)
F02M 25/07 (2006.01) **F02D 41/30** (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **12165111.1**

(22) Anmeldetag: **23.04.2012**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB
GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO
PL PT RO RS SE SI SK SM TR**
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME

(72) Erfinder:
• **Breuer, Albert**
50769 Köln (DE)
• **Springer, Klaus Moritz**
58095 Hagen (DE)

(71) Anmelder: **Ford Global Technologies, LLC**
Dearborn, MI 48126 (US)

(74) Vertreter: **Drömer, Hans-Carsten**
Henry-Ford Str. 1
50735 Köln (DE)

(54) **Verfahren zum Betreiben einer fremdgezündeten Brennkraftmaschine mit mindestens zwei Zylindern**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben einer fremdgezündeten Brennkraftmaschine mit mindestens zwei Zylindern, bei der

- jeder Zylinder mindestens eine Auslaßöffnung zum Abführen der Abgase aus dem Zylinder via Abgasabfuhrsystem aufweist,
- sich an jede Auslaßöffnung eine Abgasleitung anschließt, und
- die Abgasleitungen von mindestens zwei Zylindern unter Ausbildung eines Abgaskrümmers zu einer gemeinsamen Abgasleitung zusammenführen.

Es soll ein Verfahren der genannten Art aufgezeigt

werden, mit dem die Problematik eliminiert wird, welche aus den unterschiedlichen lastspezifischen Anforderungen an die Zündkerze resultiert.

Erreicht wird dies durch ein Verfahren, bei dem

- als Zündgas dienendes Abgas eines ersten abgasliefernden Zylinders, das während des Ladungswechsels aus dem ersten Zylinder in das Abgasabfuhrsystem abgeführt wird, in einen zweiten abgasempfangenden Zylinder via Abgasabfuhrsystem und der mindestens einen Auslaßöffnung dieses zweiten Zylinders eingeleitet wird, um mittels dieses Zündgases in dem zweiten Zylinder eine Selbstzündung zu induzieren.

Ford

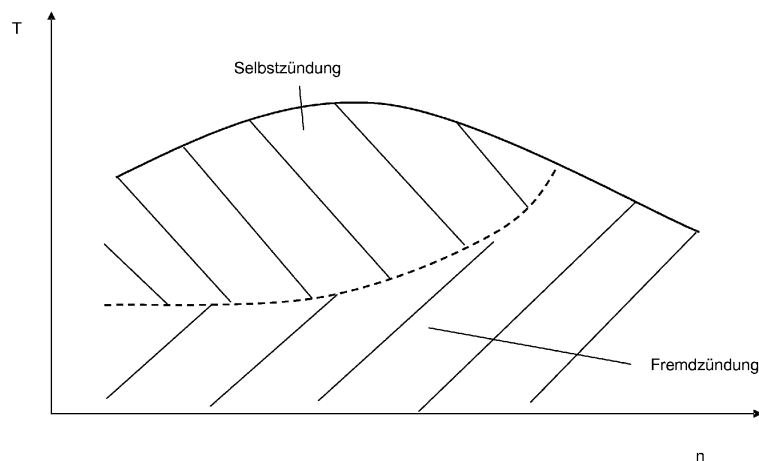


Fig. 1

EP 2 657 490 A1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben einer fremdgezündeten Brennkraftmaschine mit mindestens zwei Zylindern, bei der

- jeder Zylinder mindestens eine Auslaßöffnung zum Abführen der Abgase aus dem Zylinder via Abgasabführsystem aufweist,
- sich an jede Auslaßöffnung eine Abgasleitung anschließt, und
- die Abgasleitungen von mindestens zwei Zylindern unter Ausbildung eines Abgaskrümmers zu einer gemeinsamen Abgasleitung zusammenführen.

[0002] Eine Brennkraftmaschine der genannten Art wird als Antrieb für Kraftfahrzeuge eingesetzt. Im Rahmen der vorliegenden Erfindung umfaßt der Begriff Brennkraftmaschine Ottomotoren, die mit einer Fremdzündung ausgestattet sind.

[0003] Brennkraftmaschinen verfügen über mindestens einen Zylinderkopf und einen Zylinderblock, die zur Ausbildung der einzelnen Zylinder, d. h. Brennräume, an ihren Montage-Stirnseiten miteinander verbunden werden.

[0004] Der Zylinderkopf dient häufig zur Aufnahme des Ventiltriebs. Um den Ladungswechsel zu steuern, benötigt eine Brennkraftmaschine Steuerorgane und Betätigungseinrichtungen zur Betätigung der Steuerorgane. Im Rahmen des Ladungswechsels erfolgt das Ausschleiben der Verbrennungsgase über die Auslaßöffnungen und das Füllen des Brennraums, d. h. das Ansaugen des Frischgemisches bzw. der Frischluft, über die Einlaßöffnungen. Zur Steuerung des Ladungswechsels werden bei Viertaktmotoren nahezu ausschließlich Hubventile als Steuerorgane verwendet, die während des Betriebs der Brennkraftmaschine eine oszillierende Hubbewegung ausführen und auf diese Weise die Einlaß- und Auslaßöffnungen freigeben und verschließen. Der für die Bewegung der Ventile erforderliche Ventilbetätigungsmechanismus einschließlich der Ventile selbst wird als Ventiltrieb bezeichnet. Eine Ventilbetätigungseinrichtung umfaßt häufig eine Nockenwelle, auf der eine Vielzahl von Nocken angeordnet ist.

[0005] Es ist die Aufgabe des Ventiltriebes die Einlaß- und Auslaßöffnungen der Zylinder rechtzeitig freizugeben bzw. zu verschließen, wobei eine schnelle Freigabe möglichst großer Strömungsquerschnitte angestrebt wird, um die Drosselverluste in den ein- bzw. ausströmenden Gasströmungen gering zu halten und eine möglichst gute Füllung des Zylinders mit Frischgemisch bzw. ein effektives, d. h. vollständiges Abführen der Abgase zu gewährleisten.

[0006] Die mindestens zwei Zylinder der Brennkraftmaschine, die Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist, weisen mindestens eine Auslaßöffnung zum Abführen der Abgase auf. Die Abgasleitungen von mindestens zwei Zylindern werden unter Ausbildung eines Abgas-

krümmers zusammengeführt. Stromabwärts des Krümmers werden die Abgase dann gegebenenfalls der Turbine eines Abgasturboladers und/oder einem oder mehreren Abgasnachbehandlungssystemen zugeführt.

[0007] Die Laststeuerung bei einem Ottomotor erfolgt in der Regel mittels einer im Ansaugtrakt vorgesehenen Drosselklappe. Durch Verstellen der Drosselklappe kann der Druck der angesaugten Luft hinter der Drosselklappe mehr oder weniger stark reduziert werden. Bei konstantem Brennraumvolumen kann auf diese Weise über den Druck der angesaugten Luft die Luftmasse, d. h. die Quantität, eingestellt werden. Niedrige Lasten erfordern eine stärkere Drosselung, d. h. umfängliche Druckabsenkung im Ansaugtrakt, weshalb insbesondere im Teillastbereich große Ladungswechselverluste hinzunehmen sind. Insofern weist das Kraftstoff-Luft-Gemisch im Zylinder bei niedrigen Lasten eine geringere Dichte auf als bei höheren Lasten.

[0008] Die lastabhängige Variation der Dichte kann bei der Einleitung der Fremdzündung, beispielweise mittels Zündkerze, Probleme bereiten. Um eine sichere Entzündung des Kraftstoff-Luft-Gemisches bei niedrigen Lasten, d. h. bei weniger dichtem Gemisch, zu gewährleisten, müssen die Elektroden der Zündkerze einen vergleichsweise großen Abstand aufweisen, um eine große Zündstrecke für den Zündfunken auszubilden, d. h. bereitzustellen. Ein großer Elektrodenabstand erfordert eine hohe Zündspannung.

[0009] Wird dann das Kraftstoff-Luft-Gemisch zu hohen Lasten hin dichter, wird der Spannungsbedarf, um eine sichere Zündung einzuleiten, zusätzlich erhöht, da das zwischen den Elektroden befindliche Kraftstoff-Luft-Gemisch höherer Dichte eine isolierende Wirkung betreffend den Übertritt des Zündfunken von der einen Elektrode auf die andere Elektrode hat.

[0010] Die hohe erforderliche Zündspannung kann die Zündkerze selbst und/oder andere Bauteile, insbesondere Hochspannung führende Bauteile der Stromversorgung, d. h. des Bordnetzes des Kraftfahrzeuges, schädigen. Bei zu hohem Zündspannungsbedarf können Funkenüberschläge zwischen den Hochspannungsleitungen und der Masse auftreten. Die Ausbildung eines Zündfunken zwischen den Elektroden unterbleibt. Es kommt zu einer Fehlzündung.

[0011] Neben der Dichte des Gemisches hat auch das Luftverhältnis λ Einfluß auf die Einleitung der Fremdzündung, insbesondere aber Einfluß auf die mittels Zündfunken induzierte Verbrennung.

[0012] In Abhängigkeit von der momentan vorliegenden Last T kann das Kraftstoff-Luft-Gemisch eines Ottomotors angefettet bzw. abgemagert werden, wobei vorzugsweise zu hohen Lasten hin eine Anfettung vorgenommen wird, d. h. das Luftverhältnis λ wird verringert.

[0013] Häufig erfolgt eine Anfettung ($\lambda < 1$) immer dann, wenn mit hohen Abgastemperaturen zu rechnen ist, d. h. bei hohen Lasten, um eine thermische Überlastung einzelner Komponenten der Brennkraftmaschine zu vermeiden. Dabei wird mehr Kraftstoff eingespritzt als

mit der bereitgestellten Luftmenge verbrannt werden kann, wobei der überschüssige Kraftstoff ebenfalls erwärmt und verdampft wird, so dass die Temperatur der Verbrennungsgase sinkt. Diese Vorgehensweise ist unter energetischen Aspekten, insbesondere hinsichtlich des Kraftstoffverbrauchs der Brennkraftmaschine, und hinsichtlich der Schadstoffemissionen als nachteilig anzusehen, aber zulässig und als zielführend anerkannt.

[0014] Wird das Kraftstoff-Luft-Gemisch zu hohen Lasten hin angefettet, erhöht dies ebenfalls den Zündspannungsbedarf, da eine Anfettung die isolierende Wirkung des zwischen den Elektroden befindlichen dichten Kraftstoff-Luft-Gemisches verstärkt.

[0015] Wird das Kraftstoff-Luft-Gemisch hingegen verdünnt, beispielsweise infolge Abmagerung ($\lambda > 1$), ist es - wie bei einem Kraftstoff-Luft-Gemisch geringer Dichte - vorteilhaft, wenn die Elektroden der Zündkerze einen vergleichsweise großen Abstand aufweisen, um eine sichere Entzündung des verdünnten Gemisches zu gewährleisten.

[0016] Die Abmagerung des Kraftstoff-Luft-Gemisches hin zu niedrigen Lasten ist eine Maßnahme zur Entdrosselung der Brennkraftmaschine, wobei weniger Kraftstoff eingespritzt wird als mit der bereitgestellten Luftmenge verbrannt werden könnte, d. h. es wird mehr Frischluft in die Zylinder eingeleitet als zur Verbrennung des eingebrachten Kraftstoffes erforderlich ist, wodurch eine Verdünnung des Gemisches erfolgt.

[0017] Vor dem Hintergrund des Gesagten ist es die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1 aufzuzeigen, mit dem die aus dem Stand der Technik bekannten Nachteile überwunden werden und mit dem insbesondere die Problematik betreffend die Fremdzündung bzw. die Einleitung der Fremdzündung eliminiert wird.

[0018] Gelöst wird diese Aufgabe durch ein Verfahren zum Betreiben einer fremdgezündeten Brennkraftmaschine mit mindestens zwei Zylindern, bei der

- jeder Zylinder mindestens eine Auslaßöffnung zum Abführen der Abgase aus dem Zylinder via Abgasabfuhrsystem aufweist,
- sich an jede Auslaßöffnung eine Abgasleitung anschließt, und
- die Abgasleitungen von mindestens zwei Zylindern unter Ausbildung eines Abgaskrümmers zu einer gemeinsamen Abgasleitung zusammenführen, das dadurch gekennzeichnet ist, dass
- als Zündgas dienendes Abgas eines ersten abgasliefernden Zylinders, das während des Ladungswechsels aus dem ersten Zylinder in das Abgasabfuhrsystem abgeführt wird, in einen zweiten abgasempfangenden Zylinder via Abgasabfuhrsystem und der mindestens einen Auslaßöffnung dieses zweiten Zylinders eingeleitet wird, um mittels dieses Zündgases in dem zweiten Zylinder eine Selbstzündung zu induzieren.

[0019] Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren wird den unterschiedlichen lastspezifischen Anforderungen an die Zündkerze dadurch Rechnung getragen, dass - in Abhängigkeit von der Last T - die Zündung des Kraftstoff-Luft-Gemisches entweder mittels Fremdzündung oder aber mittels Selbstzündung eingeleitet wird.

[0020] Vorteilhaft ist es, das erfindungsgemäße Verfahren bei hohen Lasten T durchzuführen. Dann kann grundsätzlich eine zur Einleitung der Fremdzündung dienende Zündkerze mit einem großen Elektrodenabstand ausgebildet werden, der die sichere Entzündung eines weniger dichten Kraftstoff-Luft-Gemisches bei niedrigen Lasten gewährleistet.

[0021] Zu hohen Lasten hin, bei denen ein dichteres Kraftstoff-Luft-Gemisch mittels Fremdzündung aufgrund des großen Elektrodenabstandes nur mit sehr hohen Zündspannungen entzündbar ist, geht man erfindungsgemäß zu einem Selbstzündverfahren über bzw. nimmt ein solches Selbstzündverfahren ergänzend hinzu, um eine sichere Entzündung des Gemisches zu realisieren. Dabei wird das Kraftstoff-Luft-Gemisch in einem Zylinder mittels Abgas eines anderen Zylinders, das als Zündgas dient, gezündet.

[0022] Der das Zündgas liefernde Zylinder wird im Rahmen der vorliegenden Erfindung als erster abgasliefernder Zylinder bezeichnet, wohingegen der Zylinder, der das als Zündgas dienende Abgas erhält, als zweiter abgasempfangender Zylinder bezeichnet wird. Jeder der mindestens zwei Zylinder der Brennkraftmaschine kann sowohl als abgasliefernder Zylinder als auch als abgasempfangender Zylinder fungieren und tut dies auch; in der Regel im Wechsel, d. h. abwechselnd.

[0023] Erfindungsgemäß wird Abgas des ersten Zylinders via Abgasabfuhrsystem und der mindestens einen Auslaßöffnung des zweiten Zylinders in diesen zweiten Zylinder eingeleitet. Dieses Abgas ist heißer als mittels Abgasrückführung rückgeführtes Abgas, insbesondere auch heißer als mittels interner Abgasrückführung rückgeführtes Abgas, welches definitionsgemäß aus dem Zylinder stammt, in den es intern wieder zurückgeführt wird. Dieser Umstand ist im Hinblick auf die Tatsache, dass das Abgas vorliegend als Zündgas zur Einleitung einer Selbstzündung verwendet wird, von besonderer Bedeutung und besonders vorteilhaft, da die Temperatur eine maßgebliche Einflußgröße im Hinblick auf die Einleitung der Selbstzündung ist. Je höher die Temperatur des Zündgases ist desto sicherer erfolgt die Einleitung einer Selbstzündung.

[0024] Wird das erfindungsgemäße Verfahren - wie oben erwähnt - bei hohen Lasten T durchgeführt, unterstützt dies ebenfalls die Einleitung der Selbstzündung mittels heißer Abgase. Einerseits ist das aus dem ersten Zylinder stammende Zündgas bei höheren Lasten heißer als bei niedrigen Lasten. Andererseits schafft das grundsätzlich hohe bzw. höhere Druck- und Temperaturniveau bei hohen Lasten gute Voraussetzungen für die Einleitung einer Selbstzündung im zweiten abgasempfangenden Zylinder.

[0025] Im Gegensatz hierzu eignet sich die erfindungsgemäße Selbstzündung nicht für niedrige Lasten, da die Selbstzündung unkontrolliert einsetzen oder ganz ausbleiben kann, so dass es zu einer unvollständigen Verbrennung oder zu Zündaussetzern und erhöhten Emissionen von unverbrannten Kohlenwasserstoffen und Kohlenmonoxid kommen kann. Folglich ist es vorteilhaft, bei niedrigen Lasten eine Fremdzündung anzuwenden.

[0026] Anders als bei dem aus dem Stand der Technik bekannten HCCI- Verfahren (Homogenous- Charge Compression- Ignition), das auch als Raumzündverfahren oder als CAI- Verfahren (Controlled Auto- Ignition) bezeichnet wird und bei dem eine kontrollierte Selbstzündung des homogenisierten Kraftstoff- Luft- Gemisches vorzugsweise gleichzeitig im gesamten Zylinder bzw. Brennraum angestrebt wird, wird bei dem erfindungsgemäßen Verfahren mittels einer begrenzten Menge heißen Abgases, dem Zündgas, wie mit einer Zündkerze und anstelle der Zündkerze lokal begrenzt die Selbstzündung eingeleitet. Dadurch werden Maximaldruck und Druckgradient der Verbrennung im Vergleich zur homogenen Selbstzündung begrenzt und die Kompressionszündung wird für höhere Lasten realisierbar. Vorliegend ist davon auszugehen, dass sich das aus dem abgasliefernden Zylinder stammende Zündgas nicht mit dem im abgasempfangenden Zylinder befindlichen Kraftstoff- Luft- Gemisch vollständig mischt, sondern lokal die Selbstzündung einleitet und als Ausgangspunkt für die Verbrennung des Gemisches anzusehen ist.

[0027] Die Einleitung der Selbstzündung bei hohen Lasten macht die Fremdzündung bei diesen Lasten entbehrlich, weshalb die Problematik der hochlastspezifischen Anforderungen an die Zündkerze entfällt, insbesondere das Erfordernis einer hohen Zündspannung bei hohen Lasten, bei denen erfindungsgemäß mittels Selbstzündung gezündet wird.

[0028] Darüber hinaus weist das aus der Selbstzündung stammende Abgas eine vergleichsweise geringe Konzentration an Stickoxiden (NO_x) und nahezu keinen Ruß auf, was sich vorteilhaft auf das Emissionsverhalten der Brennkraftmaschine auswirkt.

[0029] Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren wird die der Erfindung zugrunde liegende Aufgabe gelöst, nämlich ein Verfahren aufgezeigt, mit dem die aus dem Stand der Technik bekannten Nachteile überwunden werden und mit dem insbesondere die Problematik betreffend die Fremdzündung bzw. die Einleitung der Fremdzündung eliminiert wird.

[0030] Im Zusammenhang mit dem erfindungsgemäßen Verfahren, insbesondere dem Transfer von Abgas aus einem Zylinder der Brennkraftmaschine via Abgasabfuhrsystem in einen anderen Zylinder, muß berücksichtigt werden, dass sich die Zylinder der Brennkraftmaschine beim Ladungswechsel in vielfältiger Weise gegenseitig beeinflussen können.

[0031] Diese Effekte sind bekannt und werden grundsätzlich als nachteilig angesehen. Insbesondere kann aufgrund kurzer Abgasleitungen der durch eine ablaufende

Restgasausspülung erzielte Effekt zumindest teilweise durch den Ladungswechsel eines anderen Zylinders zunichte gemacht werden. So kann bei einem Vier-Zylinder- Reihenmotor, dessen Zylinder mit der Zündfolge 1- 3- 4- 2 betrieben werden, beispielsweise der vierte Zylinder den in der Zündfolge vorangehenden dritten Zylinder, d. h. den vorher gezündeten Zylinder, während des Ladungswechsels nachteilig beeinflussen und aus dem vierten Zylinder stammendes Abgas in den dritten Zylinder gelangen, bevor dessen Auslaßventile schließen. Die Evakuierung der Verbrennungsgase aus dem vierten Zylinder beruht dabei im Wesentlichen auf zwei unterschiedlichen Mechanismen. Wenn sich zu Beginn des Ladungswechsels ein Auslaßventil öffnet, strömen die Verbrennungsgase aufgrund des gegen Ende der Verbrennung im Zylinder vorherrschenden hohen Druckniveaus und der damit verbundenen hohen Druckdifferenz zwischen Brennraum und Abgasabfuhrsystem mit hoher Geschwindigkeit durch die Auslaßöffnung in die Abgasleitung. Dieser druckgetriebene Strömungsvorgang ist um so stärker je höher die Last T ist und wird durch eine hohe Druckspitze begleitet, die auch als Vor- auslaßstoß bezeichnet wird und sich entlang der Abgasleitung fortpflanzt. Im weiteren Verlauf des Ladungswechsels gleichen sich die Drücke im Zylinder und in der Abgasleitung weitgehend an, so dass die Verbrennungsgase nun infolge der Kolbenbewegung ausgeschoben werden.

[0032] Die aus dem vierten Zylinder stammenden und in den dritten Zylinder eingeleiteten Abgase werden nach dem Stand der Technik als nachteilig angesehen. Um dieser Problematik entgegen zu treten, wird nach dem Stand der Technik die Öffnungsdauer der Auslaßventile bzw. Auslaßöffnungen verkürzt, d. h. der Auslaß später geöffnet oder früher geschlossen. Aufgrund der verkürzten Öffnungsdauer der Auslaßventile ergeben sich aber Nachteile hinsichtlich der Leistung bei hohen Drehzahlen und der Reduzierung der Pumparbeit im Teillastbetrieb zur Verringerung des Kraftstoffverbrauchs. Andere aus dem Stand der Technik bekannte Konzepte zur Vermeidung der gegenseitigen Einflußnahme leiten die Abgasströme gruppenweise voneinander getrennt einer zweiflutigen Turbine zu oder trennen die Abgasströme durch geeignete Ausbildung des Abgasabfuhrsystems mittels Trennwänden für eine mehr oder weniger lange Wegstrecke voneinander.

[0033] Dass das erfindungsgemäße Verfahren die Überleitung von Abgas aus einem Zylinder in einen anderen Zylinder nicht verhindert, sondern zuläßt, sogar gezielt herbeiführt und sich zunutze macht, nämlich als vorteilhaftes Mittel zur Einleitung einer Selbstzündung, muß insofern als Überwindung eines technischen Vorurteils angesehen werden.

[0034] Weitere vorteilhafte Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Verfahrens werden gemäß den Unteransprüchen beschrieben.

[0035] Vorteilhaft sind Ausführungsformen des Verfahrens, bei denen das Verfahren bei hohen Lasten T

mit $T > 0.5 T_{max}$ durchgeführt wird, wobei T_{max} die maximale Last bei der jeweils vorliegenden Drehzahl n bezeichnet.

[0036] Vorteilhaft sind Ausführungsformen des Verfahrens, bei denen das Verfahren bei hohen Lasten T mit $T > 0.65 T_{max}$ durchgeführt wird, wobei T_{max} die maximale Last bei der jeweils vorliegenden Drehzahl n bezeichnet.

[0037] Vorteilhaft sind Ausführungsformen des Verfahrens, bei denen ausgehend von einer aktivierten Selbstzündung bei Unterschreiten einer vorgebbaren Last $T_{threshold}$ wieder auf Fremdzündung umgestellt wird, wozu die Maßnahmen zur Einleitung der Selbstzündung unterbleiben, so dass die Selbstzündung deaktiviert wird.

[0038] Vorteilhaft sind Ausführungsformen des Verfahrens, bei denen ausgehend von einer aktivierten Selbstzündung bei Überschreiten einer vorgebbaren Drehzahl $n_{threshold}$ wieder auf Fremdzündung umgestellt wird, wozu die Maßnahmen zur Einleitung der Selbstzündung unterbleiben, so dass die Selbstzündung deaktiviert wird.

[0039] Mit zunehmender Drehzahl wird die Zeitspanne, die zur Überleitung des Abgases zur Verfügung gestellt wird, immer kürzer, so dass es problematisch werden kann, die für die Selbstzündung erforderlichen Maßnahmen in der zur Verfügung stehenden Zeit durchzuführen.

[0040] Vorteilhaft sind Ausführungsformen des Verfahrens, bei denen die Fremdzündung deaktiviert wird, sobald auf Selbstzündung umgeschaltet wird und eine Selbstzündung mittels Zündgas induziert wird. Vorteilhaft an dieser Verfahrensvariante ist, dass die bei hohen Lasten für eine Fremdzündung erforderlichen hohen Zündspannungen sicher vermieden werden. Vorliegend findet ein wirklicher Wechsel im Hinblick auf das Zündverfahren statt.

[0041] Nichtsdestotrotz kann es vorteilhaft sein, beide Zündverfahren nebeneinander zur Anwendung zu bringen, d. h. auch bei Einleitung der Selbstzündung eine Fremdzündung vorzunehmen. Falls die Selbstzündung erfolgreich eingeleitet wird, erweist sich die später vorgenommene Fremdzündung als nicht erforderlich, aber auch als nicht hinderlich. Schlägt hingegen die Einleitung der Selbstzündung ungewollt fehl, kann durch die unverändert aktivierte Fremdzündung, d. h. die Aufrechterhaltung der Fremdzündung, ein Zündaussetzer und die damit verbundenen Nachteile sicher vermieden werden.

[0042] Vorteilhaft sind daher auch Ausführungsformen des Verfahrens, bei denen die Fremdzündung auch dann aufrechterhalten wird, wenn eine Selbstzündung mittels Zündgas induziert wird.

[0043] Vorteilhaft sind Ausführungsformen des Verfahrens, bei denen jeder Zylinder zur Einleitung einer Fremdzündung mit einer Zündkerze ausgestattet wird, die als Zündvorrichtung dient.

[0044] Vorteilhaft sind Ausführungsformen des Verfahrens, bei denen der in der Zündfolge der Fremdzündung vorangehende Zylinder als erster abgasliefernder

Zylinder dient, der als Zündgas dienendes Abgas liefert, und der in der Zündfolge darauffolgende Zylinder als zweiter abgasempfangender Zylinder dient, in welchen das Zündgas eingeleitet wird.

[0045] Zwei in der Zündfolge aufeinander folgende Zylinder haben den geringsten Versatz hinsichtlich ihrer Arbeitsprozesse und bieten sich daher für die Überleitung von Abgas von einem Zylinder in den anderen Zylinder an, d. h. von dem in der Zündfolge vorangehenden Zylinder in den in der Zündfolge darauffolgenden Zylinder.

[0046] Bei einem Vier- Zylinder- Reihenmotor, dessen Zylinder mit der Zündfolge 1- 3- 4- 2 betrieben werden, bietet sich beispielsweise der vierte Zylinder an, für den in der Zündfolge vorangehenden dritten Zylinder das Zündgas für die Selbstzündung zu liefern.

[0047] Zum Betreiben einer fremdgezündeten Brennkraftmaschine mit mindestens zwei Zylindern, bei der jeder Zylinder mindestens zwei Auslaßöffnungen zum Abführen der Abgase aus dem Zylinder aufweist, sind Ausführungsformen des Verfahrens vorteilhaft, bei denen die mindestens zwei Auslaßöffnungen jedes Zylinders während des Ladungswechsels mit unterschiedlichen Steuerzeiten betrieben werden.

[0048] Im Wesentlichen dient dann nur eine der mindestens zwei Auslaßöffnungen des Zylinders zur Lieferung des Zündgases.

[0049] Vorteilhaft sind dabei Ausführungsformen des Verfahrens, bei denen die Auslaßöffnung, die dem in der Zündfolge darauffolgenden Zylinder zugewandt und am nächsten ist, früher geöffnet wird, und die Auslaßöffnung, die von dem in der Zündfolge darauffolgenden Zylinder abgewandt und weiter entfernt angeordnet ist, später geöffnet wird.

[0050] Die Auslaßöffnung des abgasliefernden Zylinders, die dem in der Zündfolge darauffolgenden Zylinder zugewandt und am nächsten ist, ist die Auslaßöffnung, deren Abgas via Abgasabführsystem den kürzeren Weg zu diesem in der Zündfolge folgenden abgasempfangenden Zylinder aufweist. Insofern ist diese nächstgelegene Auslaßöffnung die im Hinblick auf die Abgasüberleitung geeignete Auslaßöffnung, deren Funktion, nämlich der Überleitung von Zündgas, sinnvoll dadurch unterstützt werden kann, dass diese Auslaßöffnung früher geöffnet wird, wodurch dem Abgastransfer mehr Zeit eingeräumt wird.

[0051] Die andere Auslaßöffnung, die von dem in der Zündfolge darauffolgenden Zylinder abgewandt und weiter entfernt angeordnet ist, kann später geöffnet werden, muß aber nicht später geöffnet werden.

[0052] Aus den genannten Gründen sind auch Ausführungsformen des Verfahrens vorteilhaft, bei denen die Auslaßöffnung, die dem in der Zündfolge vorangehenden Zylinder zugewandt und am nächsten ist, später geschlossen wird, und die Auslaßöffnung, die von dem in der Zündfolge vorangehenden Zylinder abgewandt und weiter entfernt angeordnet ist, früher geschlossen wird.

[0053] Auch diese Verfahrensvariante unterstützt die Überleitung von Abgas, d. h. von Zündgas, in vorteilhafter

Weise. Im Unterschied zu der zuvor beschriebenen Variante wird der Transfer von Abgas aber nicht durch geeignete Steuerzeiten der Auslaßöffnungen des abgasliefernden Zylinders, sondern vielmehr durch geeignete Steuerzeiten der Auslaßöffnungen des abgasempfangenden Zylinders unterstützt. Die erzielte Verbesserung beruht aber auf denselben Effekten, wobei eine Auslaßöffnung des abgasempfangenden Zylinders länger geöffnet bleibt, d. h. später geschlossen wird, um dem bereits im Abgasabführsystem befindlichen Zündgas mehr Zeit für den Transfer zur Verfügung zu stellen.

[0054] Vorteilhaft sind Ausführungsformen des Verfahrens, bei denen die mindestens eine Auslaßöffnung des ersten abgasliefernden Zylinders und die mindestens eine Auslaßöffnung des zweiten abgasempfangenden Zylinders während des Ladungswechsels mit unterschiedlichen Steuerzeiten betrieben werden.

[0055] Diese Ausführungsform trägt unter anderem dem Umstand Rechnung, dass es vorteilhaft sein kann, das als Zündgas dienende Abgas möglichst früh in das Abgasabführsystem einzubringen, d. h. aus dem abgasliefernden Zylinder zu entlassen, und den abgasempfangenden Zylinder auf der Auslaßseite möglichst lange geöffnet zu lassen, um dem Zündgas mehr Zeit für die Überleitung via Abgasabführsystem zur Verfügung zu stellen.

[0056] Vorteilhaft sind dabei Ausführungsformen des Verfahrens, bei denen die mindestens eine Auslaßöffnung des ersten abgasliefernden Zylinders früher geöffnet wird, wozu ein Verschieben der Öffnungszeit dieser Auslaßöffnung nach früh vorgenommen wird.

[0057] Vorteilhaft sind auch Ausführungsformen des Verfahrens, bei denen die mindestens eine Auslaßöffnung des zweiten abgasempfangenden Zylinders später geschlossen wird, wozu ein Verschieben der Schließzeit dieser Auslaßöffnung nach spät vorgenommen wird.

[0058] Vorteilhaft sind Ausführungsformen des Verfahrens, bei denen bei der Durchführung des Verfahrens die Öffnungsdauer der mindestens einen Auslaßöffnung jedes Zylinders vergrößert wird, um das Überleiten von als Zündgas dienendem Abgas zu unterstützen, d. h. zu ermöglichen bzw. zu erleichtern.

[0059] Die Öffnungsdauer einer Auslaßöffnung kann dadurch vergrößert werden, dass das dazugehörige Ventil früher geöffnet und/oder später geschlossen wird. Die Vergrößerung der Öffnungsdauer kann sowohl eine Maßnahme sein, mit der das Verfahren zur Überleitung von Zündgas überhaupt erst und in Abweichung vom normalen Betrieb der Brennkraftmaschine ermöglicht wird, d. h. eine Maßnahme, mit der das erfindungsgemäße Verfahren sozusagen gestartet und zur Anwendung gebracht wird. Die in Rede stehende Verfahrensvariante, d. h. die Vergrößerung der Öffnungsdauer, kann aber auch als Maßnahme zur Verbesserung der Überleitung von Abgas eingesetzt werden.

[0060] Durch das Vergrößern der Öffnungsdauer der Auslaßöffnungen wird erreicht, dass die Abgasausschlebetakte der einzelnen Zylinder sich im Rahmen der Ladungswechsel überschneiden bzw. stärker überschnei-

den. Das Überleiten von als Zündgas dienendem Abgas aus einem ersten abgasliefernden Zylinder in einen zweiten abgasempfangenden Zylinder wird in vorteilhafter Weise unterstützt.

[0061] Im Folgenden wird die Erfindung anhand eines Motorkennfeldes gemäß Figur 1 näher beschrieben. Hierbei zeigt:

Fig. 1 schematisch das Motorkennfeld einer Ausführungsform der fremdgezündeten Brennkraftmaschine, in dem die Anwendungsbereiche für die Fremdzündung und die Selbstzündung eingezeichnet sind.

[0062] Figur 1 zeigt zur Veranschaulichung des grundsätzlichen Prinzips des Verfahrens das Motorkennfeld einer Ausführungsform der fremdgezündeten Brennkraftmaschine, in dem die Anwendungsbereiche für die Fremdzündung und die Selbstzündung eingezeichnet sind.

[0063] Gemäß dem durch das Kennfeld der Figur 1 versinnbildlichten Verfahren kommt bei hohen Lasten die Selbstzündung zum Einsatz, wohingegen bei niedrigen Lasten und hin zu höheren Drehzahlen die Fremdzündung angewendet wird.

Bezugszeichen

[0064]

T	Last
T_{max}	maximale Last bei momentaner Drehzahl
$T_{threshold}$	Schwellenwert für die Last, bei der die Selbstzündung wieder deaktiviert wird
n	Drehzahl
$n_{threshold}$	Schwellenwert für die Drehzahl, bei der die Selbstzündung wieder deaktiviert wird
λ	Luftverhältnis

Patentansprüche

1. Verfahren zum Betreiben einer fremdgezündeten Brennkraftmaschine mit mindestens zwei Zylindern, bei der

- jeder Zylinder mindestens eine Auslaßöffnung zum Abführen der Abgase aus dem Zylinder via Abgasabführsystem aufweist,
- sich an jede Auslaßöffnung eine Abgasleitung anschließt, und
- die Abgasleitungen von mindestens zwei Zylindern unter Ausbildung eines Abgaskrümmers zu einer gemeinsamen Abgasleitung zusammenführen, **dadurch gekennzeichnet, dass**
- als Zündgas dienendes Abgas eines ersten abgasliefernden Zylinders, das während des Ladungswechsels aus dem ersten Zylinder in das

- Abgasabfuhrsystem abgeführt wird, in einen zweiten abgasempfangenden Zylinder via Abgasabfuhrsystem und der mindestens einen Auslaßöffnung dieses zweiten Zylinders eingeleitet wird, um mittels dieses Zündgases in dem zweiten Zylinder eine Selbstzündung zu induzieren.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Verfahren bei hohen Lasten T durchgeführt wird.
 3. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Verfahren bei hohen Lasten T mit $T > 0.5 T_{max}$ durchgeführt wird, wobei T_{max} die maximale Last bei der jeweils vorliegenden Drehzahl n bezeichnet.
 4. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Verfahren bei hohen Lasten T mit $T > 0.65 T_{max}$ durchgeführt wird, wobei T_{max} die maximale Last bei der jeweils vorliegenden Drehzahl n bezeichnet.
 5. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Fremdzündung deaktiviert wird, sobald auf Selbstzündung umgeschaltet wird und eine Selbstzündung mittels Zündgas induziert wird.
 6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Fremdzündung auch dann aufrechterhalten wird, wenn eine Selbstzündung mittels Zündgas induziert wird.
 7. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** jeder Zylinder zur Einleitung einer Fremdzündung mit einer Zündkerze ausgestattet wird, die als Zündvorrichtung dient.
 8. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass**
 - der in der Zündfolge der Fremdzündung vorangehende Zylinder als erster abgasliefernder Zylinder dient, der als Zündgas dienendes Abgas liefert, und der in der Zündfolge darauffolgende Zylinder als zweiter abgasempfangender Zylinder dient, in welchen das Zündgas eingeleitet wird.
 9. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche zum Betreiben einer fremdgezündeten Brennkraftmaschine mit mindestens zwei Zylindern, bei der jeder Zylinder mindestens zwei Auslaßöffnungen zum Abführen der Abgase aus dem Zylinder aufweist, **dadurch gekennzeichnet, dass** die mindestens zwei Auslaßöffnungen jedes Zylinders während des Ladungswechsels mit unterschiedlichen Steuerzeiten betrieben werden.
 10. Verfahren nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Auslaßöffnung, die dem in der Zündfolge darauffolgenden Zylinder zugewandt und am nächsten ist, früher geöffnet wird, und die Auslaßöffnung, die von dem in der Zündfolge darauffolgenden Zylinder abgewandt und weiter entfernt angeordnet ist, später geöffnet wird.
 11. Verfahren nach Anspruch 9 oder 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Auslaßöffnung, die dem in der Zündfolge vorangehenden Zylinder zugewandt und am nächsten ist, später geschlossen wird, und die Auslaßöffnung, die von dem in der Zündfolge vorangehenden Zylinder abgewandt und weiter entfernt angeordnet ist, früher geschlossen wird.
 12. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die mindestens eine Auslaßöffnung des ersten abgasliefernden Zylinders und die mindestens eine Auslaßöffnung des zweiten abgasempfangenden Zylinders während des Ladungswechsels mit unterschiedlichen Steuerzeiten betrieben werden.
 13. Verfahren nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** die mindestens eine Auslaßöffnung des ersten abgasliefernden Zylinders früher geöffnet wird, wozu ein Verschieben der Öffnungszeit dieser Auslaßöffnung nach früh vorgenommen wird.
 14. Verfahren nach Anspruch 12 oder 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** die mindestens eine Auslaßöffnung des zweiten abgasempfangenden Zylinders später geschlossen wird, wozu ein Verschieben der Schließzeit dieser Auslaßöffnung nach spät vorgenommen wird.
 15. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** bei der Durchführung des Verfahrens die Öffnungsdauer der mindestens einen Auslaßöffnung jedes Zylinders vergrößert wird, um das Überleiten von als Zündgas dienendem Abgas zu unterstützen.

Ford

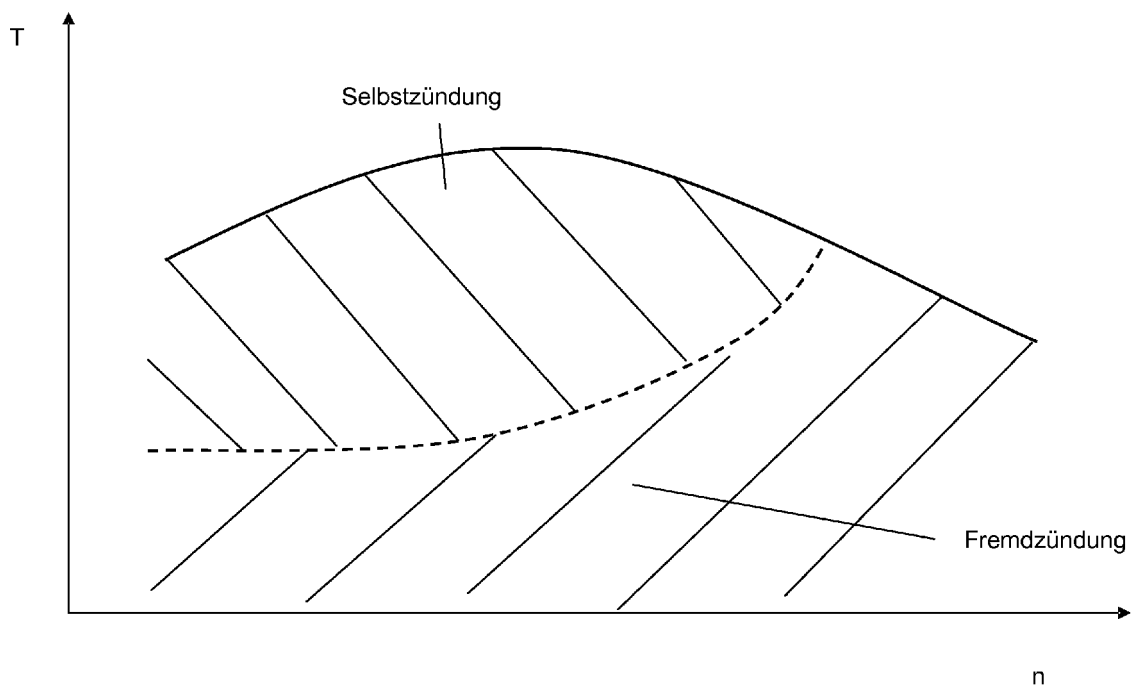


Fig. 1



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 12 16 5111

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	EP 1 403 490 A1 (MAZDA MOTOR [JP]) 31. März 2004 (2004-03-31)	1	INV. F02D41/00
Y	* Zusammenfassung * * Abbildungen 1,2,4-6 * * Absätze [0013], [0039], [0050] - [0051], [0074] - [0076] * -----	1-8,15	F02D13/02 F02M25/07 F02D41/30
Y	US 2005/217648 A1 (PAGOT ALEXANDRE [FR]) 6. Oktober 2005 (2005-10-06) * Zusammenfassung * * Abbildungen 1-3 * * Absätze [0004], [0005], [0009] * -----	1-8,15	
A	FR 2 916 241 A1 (VALEO SYS CONTROLE MOTEUR SAS [FR]) 21. November 2008 (2008-11-21) * Zusammenfassung * * Abbildung 1 * * Ansprüche 1,2 * -----	1-8,15	
A	US 2005/022755 A1 (HITOMI MITSUO [JP] ET AL) 3. Februar 2005 (2005-02-03) * Zusammenfassung * * Abbildung 4 * * Absatz [0197] * -----	1-8,15	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) F02D F02M
A	EP 2 418 372 A1 (MITSUBISHI HEAVY IND LTD [JP]) 15. Februar 2012 (2012-02-15) * Zusammenfassung * * Abbildung 1 * * Absatz [0004] * -----	1	
A	EP 2 116 705 A1 (HATAMURA KOICHI [JP]) 11. November 2009 (2009-11-11) * Zusammenfassung * -----	1	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort Den Haag		Abschlußdatum der Recherche 8. November 2012	Prüfer Trotureau, Damien
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument			

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 12 16 5111

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.

Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

08-11-2012

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 1403490 A1	31-03-2004	DE 60303073 T2	31-08-2006
		EP 1403490 A1	31-03-2004
		JP 3846393 B2	15-11-2006
		JP 2004124758 A	22-04-2004
		US 2004060527 A1	01-04-2004

US 2005217648 A1	06-10-2005	DE 102005014673 A1	27-10-2005
		FR 2868481 A1	07-10-2005
		JP 2005291210 A	20-10-2005
		SE 0500693 A	01-10-2005
		US 2005217648 A1	06-10-2005

FR 2916241 A1	21-11-2008	KEINE	

US 2005022755 A1	03-02-2005	CN 1620547 A	25-05-2005
		CN 1620548 A	25-05-2005
		EP 1362176 A1	19-11-2003
		EP 1366279 A1	03-12-2003
		US 2005022755 A1	03-02-2005
		WO 03064837 A1	07-08-2003
		WO 03064838 A1	07-08-2003

EP 2418372 A1	15-02-2012	CN 102365448 A	29-02-2012
		EP 2418372 A1	15-02-2012
		JP 2010242678 A	28-10-2010
		US 2012042649 A1	23-02-2012
		WO 2010116546 A1	14-10-2010

EP 2116705 A1	11-11-2009	EP 2116705 A1	11-11-2009
		JP 4955020 B2	20-06-2012
		US 2010116255 A1	13-05-2010
		WO 2008096774 A1	14-08-2008

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82